动 物 学 研 究 2006, Aug. 27 (4): 403-410 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

黑龙江省三江自然保护区狍对冬季卧息地的选择

滕丽微[1], 刘振生[1,2], 张恩迪[1], 马建章[2,*]
(1. 华东师范大学 生命科学学院, 上海 200062; 2. 东北林业大学 野生动物资源学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要: 研究黑龙江三江自然保护区狍冬季卧息地的选择性结果表明, 狍昼间偏好选择位于岛状林和芦苇丛、覆盖度 > 10%、当年生枝条数 > 30 枝、隐蔽级 90%—99%、距水源距离 < 400 m、距农田距离 < 500 m、保温性 > 0.2 ℃、雪深 > 31 cm、人为干扰距离 > 1 000 m 等生境因子的卧息地; 狍夜间偏好选择位于岛状林、覆盖度 > 10%、当年生枝条数 > 30 枝、隐蔽级为 < 90%、距水源距离 < 700 m、距农田距离 > 500 m、保温性 > 0.2 ℃、雪深 > 31 cm、人为干扰距离 > 1 000 m 等生境因子的卧息地。狍昼间与夜间卧息地在是否刨走积雪等松软物质、距农田距离、雪深、人为干扰距离和卧息地宽度上差异显著 ($P < 0.05$)。与夜间卧息地相比, 狍昼间偏爱的卧息地具有接近农田、雪覆盖深和卧息地宽度较小等特征。狍对昼间卧息地资源选择函数为: $\log it(P) = -13.999 - 0.446 \times$ 植被类型 $- 0.003 \times$ 距水源距离 $- 0.003 \times$ 距农田距离 $+ 0.915 \times$ 保温性 $+ 0.487 \times$ 雪深 $+ 0.001 \times$ 人为干扰距离, 选择概率为 $P = e^{\log it(P)}/1 + e^{\log it(P)}$, 模型的正确预测率为 90.9%; 狍对夜间卧息地资源选择函数为: $\log it(P) = -0.009 - 1.863 \times$ 植被类型 $- 0.004 \times$ 距水源距离 $+ 0.946 \times$ 保温性 $+ 0.002 \times$ 人为干扰距离, 选择概率为 $P = e^{\log it(P)}/1 + e^{\log it(P)}$, 模型的正确预测率为 91.8%。

关键词: 狍; 卧息地; 资源选择函数; 冬季; 三江自然保护区
中图分类号: Q958.1; Q959.842.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254-5853 (2006) 04-0403-08

Winter Bedding Site Selection by the Roe Deer (*Capreolus capreolus*) in Sanjiang National Nature Reserve, Heilongjiang Province, China

TENG Li-wei[1], LIU Zhen-sheng[1,2], ZHANG En-di[1], MA Jian-zhang[2,*]
(1. *School of Life Science, East China Normal University, Shanghai* 200062, *China;*
2. *College of Wildlife Resources, Northeast Forestry University, Harbin* 150040, *China*)

Abstract: Winter bedding sites used by the roe deer *Capreolus capreolus* were studied using a resource selection function in the wetland of Sanjinag National Nature Reserve, Heilongjiang Province, from January to March 1999. Site characteristics were measured at the bedding sites and control sites. Roe deer selected diurnal bedding sites with island forest and clumps of reeds, denser canopy closure (> 10%), higher numbers of new shoots (> 30 individuals), moderate hiding cover (90% - 99%), closer to water resources (< 400 m), closer to croplands (< 500 m), higher temperate index (> 0.2 ℃), deeper snow (> 31 cm) and farther from human disturbance (> 1 000 m). At night, roe deer preferred bedding below island forests, denser canopy closure (> 10%), higher numbers of new shoots (> 30 individuals), mild hiding cover (< 90%), moderate distance from water resources (< 700 m), farther from croplands (> 500 m), higher temperate index (> 0.2 ℃) and farther from human disturbance (> 1 000 m). Roe deer showed significant differences in use of scraped beds by deer, distance from cropland, snow depth, distance from human disturbance and width of beds between day and night. Day beds were associated with closer proximity to cropland, deeper snow and were narrower than night beds. The resource selection function of day beds used by roe deer is a logistical regression model: $\log it(P) = -13.999 - 0.446 \times$ vegetation type $- 0.003 \times$ distance from water resource $- 0.003 \times$ distance from cropland $+ 0.915 \times$ temperate index $+ 0.487 \times$ snow depth $+ 0.001 \times$ distance from human disturbance. The selection probability is therefore: $P = e^{\log it(P)}/1 + e^{\log it(P)}$. The model correctly classified 90.9% of day bed sites. The resource selection function of night

* 收稿日期: 2006-02-24; 接受日期: 2006-04-28
基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (39770123)
* 通讯作者 (Corresponding author), E-mail: majianzhang@vip.0451.com
第一作者简介: 滕丽微 (1975-), 博士。研究方向为野生动物生态学及保护生物学。E-mail: tenglw@gmail.com。

beds by roe deer is: $logit(P) = -0.009 - 1.863 \times$ vegetation type $- 0.004 \times$ distance from water resource $+ 0.946 \times$ temperate index $+ 0.002 \times$ distance from human disturbance. We can estimate the selection probability from this model: $P = e^{logit(P)}/1 + e^{logit(P)}$. This model correctly classified 91.8% of night bed sites.

Key words: Roe deer (*Capreolus capreolus*); Bedding site; Resource selection functions; Winter; Sanjiang National Nature Reserve

有蹄类动物对卧息地的选择一直被看作是贮存能量（Armstrong et al，1983；Lang & Gates，1985；Liu et al，2005a；Mysterud & Østbye，1995）和反捕食的策略（Smith et al，1986），因而受到广泛的关注。在温带地区，冬季食物资源的可利用性和营养质量都降到了最低点，导致有蹄类动物对外源蛋白质和能量摄取不足（Chen et al，1999；Mautz，1978；Parker & Robbins，1984；Wang et al，2003，2004）。因此，有蹄类动物通常利用降低自身新陈代谢率和体温，以减少对能量的需求，它们也依赖消耗自身的大量脂肪来满足对能量的需求（Wang et al，2003，2004）。然而，有蹄类自身的脂肪对维持生命的作用又是有限的（Holand，1992；Wang et al，2004），所以，探明冬季卧息地选择对有蹄类动物的能量贮存和反捕食方面的作用机理具有重要的意义。

狍（*Capreolus capreolus*）是欧亚大陆常见的一种中小类型鹿科反刍动物，栖息环境多样，在森林、疏林山地、平原和农田都有分布（Nowak，1999）。近年来，狍的卧息地研究主要集中在森林生境中（Chen et al，1999；Jiang et al，1996；Mysterud，1996；Mysterud & Østbye，1995）和农田生境中（Linnell et al，2004）幼年狍的卧息地选择研究；但平原生境中狍的卧息地选择研究至今还没有报道。鉴于栖息地的类型不同，在平原生境中狍将采取何种卧息地选择策略，这种卧息地选择策略又与森林和农田生境中生活的狍所选择的策略有哪些差别，这些都是我们所关注的问题。为此，1999 年 1—3 月我们在黑龙江三江国家级自然保护区对狍的卧息地进行了调查，以进一步探讨狍冬季卧息地的特征和选择机制。

1 研究地区自然概况与方法

1.1 自然概况

三江自然保护区位于黑龙江省抚远县和同江市境内，北临黑龙江，东靠乌苏里江，地处三江平原东北部，地理坐标为：133°43′—134°47′E 和 47°26′—48°23′N，总面积 198 100 hm^2。三江自然保护区海拔一般为 34—80 m，气候属于寒温带湿润大陆性季风气候，四季分明，冰冻期长，年平均气温 2.2 ℃，无霜期 155 d。植物区系组成属于长白山植物区系，主要植被类型为夏绿阔叶林（岛状林）、草甸、沼泽、水生植物。此外，保护区内还有一定面积的农田。

1.2 生态因子的测定

1.2.1 利用样方的设置　根据三江自然保护区的植被类型，分别将岛状林、草甸、芦苇丛和农田等 4 类生境划分成若干 100—200 hm^2 的研究区域。每天通过随机数字表任意选取其中的一个研究区域进行调查。当在雪中发现狍的足迹链时就对其进行追踪，对发现的卧息地进行观测和记录，当同时发现多个卧息地时，将半径 20 m 以内的卧息地视为同一卧息地，选取其中一个卧息地进行测量（Chen et al，1999）。在三江自然保护区，除狍以外还有野猪（*Sus scrofa*）、马鹿（*Cervus elaphus*）和驼鹿（*Alces alces*）三种有蹄类。根据这些有蹄类的足迹链特征、卧息地的大小和刨雪程度以及粪便形态可以区分出狍与其他有蹄类的卧息地。通常有蹄类在清晨离开卧息地后就开始进行较长时间的取食活动（Gates & Hudsn，1983；Cederlond，1989），因此在清晨发现狍新鲜的取食痕迹时，沿着足迹链的反方向寻找夜间的卧息地；沿着足迹链的前进方向寻找昼间的卧息地（Chen et al，1999；Gao et al，1995）。根据卧息地周围雪的松散程度、卧息地内雪的融化情况以及附近粪便的新鲜程度等方面来确定卧息地的利用时间，但仅对当天的卧息地进行测量。

以卧息地为中心设置 1 个 1 m × 1 m 的正方形小样方和 1 个 10 m × 10 m 的正方形大样方。在大样方内详细记录了植被类型、覆盖度、当年生枝条数等 3 个生境因子；在小样方内测定隐蔽级、距水源距离、距农田距离、保温性、雪深和人为干扰距离等 6 个生境因子。各个生境因子的测定方法和等级划分标准：植被类型：岛状林、草甸、芦苇丛、

农田；覆盖度：大样方雪上部分的植被覆盖程度；当年生枝条数：大样方中 2 m 以下的乔木和灌木的当年生枝条数量；隐蔽级：在卧息地中心树立一个 1 m 的木杆，在其周围东、南、西、北四个方向距离中心 20 m 处测量木杆的可见度，即可以看见木杆长度占总长度的百分比，然后计算平均值；距水源距离：小样方到水源的垂直距离；距农田距离：小样方到农田的垂直距离；保温性：使用探针式感应温度计测定小样方中心距地表 10 cm 处的环境温度，同时测定距小样方任意方向 50 m 处距地表 10 cm 的环境温度，以小样方减去任意点的温度之差作为卧息地的保温性的衡量指标；雪深：测定距卧息地边缘 50 cm 处东南西北四个点上的雪深，然后计算平均值；人为干扰距离：以离居民点、道路等人为干扰源的距离来确定，估算样方到干扰源的垂直距离。此外，还测量了狍卧息地的长度、宽度和深度，同时记录卧息地内的雪是否被刨走以及卧息地半径 20 m 范围内有无其他卧息地。

1.2.2　对照样方的设置　为保证对照样方的随机性，采用系统样方方格抽样法（Zhang & Ma，1999），其样方的分布为 5 000 m × 5 000 m，具体作法为：在三江自然保护区 1∶100 000 的地形图上按经纬设间距为 5 000 m 的样线若干条，沿此线每隔 5 000 m 设置一个对照样方，使对照样方的抽取面积基本覆盖整个研究区域。此外，如果在对照样方内发现狍的卧息地，我们就剔除该样方。在研究区域内设置了 46 个对照样方，测定了与利用样方同样的生境因子。

1.3　数据处理

1.3.1　Vanderploeg & Scavia 选择指数　采用 Vanderploeg & Scavia 选择指数（Vanderploeg & Scavia，1979a，b）分析狍对冬季卧息地 9 种生境因子的利用是否有选择性，其计算公式如下：

$$E_i = \frac{(W_i - 1/n)}{(W_i + 1/n)}$$

式中，E_i 为选择指数，W_i 为资源选择系数，n 为环境中的资源总数，其中，$W_i = \omega_i / \sum \omega_i, \omega_i = o_i/\pi_i, \pi_i = a_i/a+$（$\omega_i$ 为资源选择率，o_i 是资源 i 中利用率，π_i 是资源 i 的可获得性，a_i 是资源 i 可以被使用的单位，$a+$ 是所有可供使用的资源单位）。

E_i 值介于 −1 和 +1 之间，若 $E_i > 0.1$ 表示喜爱，$E_i = 1$ 表示特别喜爱，$E_i = 0$ 为随机选择；$-0.1 < E_i < 0.1$ 表示几乎随机选择，$E_i < -0.1$ 表示不喜爱，$E_i = -1$ 为不选择。

1.3.2　资源选择函数　资源选择函数（resource selection functions）可以分析生境中不同因子对动物生境选择的影响和综合作用，反映了动物对每个生境因子的偏好（Boyce & McDonald，1999；Han et al，2004；Li et al，2001；Manly et al，1993），其计算方法如下：

对于生境中的一种资源 i，动物对它的选择率为：$\omega_i = o_i/\pi_i$，$\pi_i = a_i/a+$。其中 O_i 是资源 i 中利用率，π_i 是资源 i 的可获得性，a_i 是资源 i 可以被使用的单位，$a+$ 是所有可供使用的资源单位。

由于动物对生境的选择通常会受食物、隐蔽物和水热条件等多种因素的制约，所以资源选择函数一般表现为一个包括多个独立生境变量的线性对数模型：$\omega(x) = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_\kappa x_\kappa)$，其中 x 代表了不同的独立生境变量，β 表示选择系数。那么，物种对生境的选择概率为：$T(x) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_\kappa x_\kappa)}{[1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_\kappa x_\kappa)]}$，当 $T(x)$ 的取值为 1 或 0 时，即表示选择或不选择时，选择系数 β 可以由逻辑斯谛回归系数来估计（Boyce & McDonald，1999；Li et al，2001；Han et al，2004）。

逻辑斯谛回归在 1967 年首次用于多变量分析（Hosmer & Lemeshow，1989），现在它是研究二值响应变量（例如，有和无）或有序响应变量与一组自变量之间关系的一种标准统计方法，目前在大多数统计软件中都有固定的模块来实现，我们使用 SPSS 13.0 进行逻辑斯谛回归分析。

1.3.3　其他数据分析　利用卡方检验对冬季狍昼间夜和夜间的卧息地在植被类型和是否刨走积雪等松软物质上是否存在差异进行分析。利用非参数估计中的二个独立样本的 Mann-Whitey U 检验对昼夜卧息地在覆盖度、当年生枝条数、隐蔽级、距水源距离、距农田距离、保温性、雪深、人为干扰距离以及卧息地长、宽和深等 11 种因子的差异进行分析。

2　结　果

2.1　冬季狍昼间和夜间卧息地生境因子利用的一般特征

对 81 个利用样方（其中昼间 42 个、夜间 39

个）和46个对照样方测定结果显示，三江自然保护区狍冬季偏好选择的昼间卧息地具有位于岛状林和芦苇丛、覆盖度 > 10%、当年生枝条数 > 30 枝、隐蔽级为 90%—99%、距水源距离 < 400 m、距农田距离 < 500 m、保温性 > 0.2 ℃，雪深 > 31 cm、人为干扰距离 > 1 000 m 等生境因子的特征；而狍偏好选择的夜间卧息地则具有以下特征：位于岛状林覆盖度 > 10%、当年生枝条数 > 30 枝、隐蔽级为 < 90%、距水源距离 < 700 m、距农田距离 > 500 m、保温性 > 0.2 ℃、雪深 > 31 cm、人为干扰距离 > 1 000 m（表1）等生境因子的卧息地。

2.2 冬季狍昼间与夜间卧息地生境因子的比较

在测定的81个狍冬季卧息地利用样方中，所有的卧息地半径20 m范围内均有多个卧息地，最少为2个，最多为8个，平均为 4.03 ± 0.38（n = 81）个。卡方检验表明，冬季狍昼间和夜间卧息地选择在植被类型（$\chi^2 = 6.512$，$df = 3$，$P = 0.089$）上差异不显著，而在是否刨走积雪等松软物质（$\chi^2 = 310.800$，$df = 1$，$P = 0.000$）上差异极显著；在夜间利用的卧息地中积雪等松软物质均被刨走，而在昼间利用的卧息地中只有14.29%被刨走积雪等松软物质。Mann-Whitey U 检验表明，冬季狍的昼间和夜间卧息生境在覆盖度、当年生枝条数、隐蔽级、距水源距离、保温性、卧息地长和卧息地深上差异不显著（$P > 0.05$），而其余生境因子则差异显著（$P < 0.05$）。与夜间卧息地相比，狍昼间偏爱的卧息地具有接近农田、雪覆盖深和卧息地宽度较小的特征（表2）。

表1 冬季狍对昼间和夜间卧息地九种生境因子的利用和选择

Tab. 1 Utilization and selection of nine habitat factors of day and night beds used by roe deer during winter

生境因子 Habitat factors	类别 Category	可获得性 Expected proportion used（π_i）（n = 46）	昼间利用率 Day proportion used（o_i）（n = 42）	选择系数 Preference（E_i）	夜间利用率 Night proportion used（o_i）（n = 39）	选择系数 Preference（E_i）
植被类型 Vegetation type	岛状林 Island forest	8.70	14.29	0.107^{P}	38.46	0.436^{P}
	草甸 Meadow	60.86	42.85	−0.306^{NP}	46.16	−0.392^{NP}
	芦苇丛 Clumps of reeds	8.70	14.29	0.107^{P}	15.38	0.009^{AR}
	农田 Cropland	21.74	28.57	−0.004^{AR}	0.00	−1.000^{NS}
覆盖度 Canopy closure（%/m^2）	< 1	58.70	38.10	−0.299^{NP}	30.77	−0.412^{NP}
	1 − 10	19.57	21.43	−0.047^{AR}	12.82	−0.315^{NP}
	> 10	21.73	40.47	0.215^{P}	56.41	0.347^{P}
当年生枝条数 Number of new shoots（ind./100 m^2）	< 1	67.39	38.10	−0.443^{NP}	28.21	−0.595^{NP}
	1—30	17.39	28.57	0.057^{AR}	23.08	−0.108^{NP}
	> 30	15.22	33.33	0.198^{P}	48.71	0.320^{P}
隐蔽级 Hiding cover（%）	< 90	21.74	33.33	0.071^{AR}	56.41	0.327^{P}
	90—99	21.74	45.24	0.220^{P}	20.51	−0.165^{NP}
	> 99	56.52	21.43	−0.557^{NP}	23.08	−0.526^{NP}
距水源距离 Distance from water resources（m）	< 400	26.09	40.48	0.206^{P}	38.46	0.201^{P}
	400—700	43.48	45.23	0.009^{AR}	56.41	0.139^{P}
	> 700	30.43	14.29	−0.370^{NP}	5.13	−0.706^{NP}
距农田距离 Distance from croplands（m）	< 500	26.09	61.90	0.353^{P}	5.13	−0.648^{NP}
	500—1 000	36.96	38.10	−0.048^{AR}	51.28	0.202^{P}
	> 1 000	36.95	0.00	−1.000^{NS}	43.59	0.123^{P}
保温性 Temperature index（℃）	< −0.2	36.96	26.19	−0.170^{NP}	15.38	−0.417^{NP}
	−0.2—0.2	30.43	11.90	−0.438^{NP}	10.26	−0.500^{NP}
	> 0.2	32.61	61.91	0.310^{P}	74.36	0.386^{P}
雪深 Snow depth（cm）	< 30	30.43	21.43	−0.252^{NP}	35.90	0.026^{AR}
	30—31	43.48	11.90	−0.623^{NP}	17.95	−0.462^{NP}
	> 31	26.09	66.67	0.369^{P}	46.15	0.224^{P}
人为干扰距离 Distance to human disturbance（m）	< 500	21.74	0.00	−1.000^{NS}	0.00	−1.000^{NS}
	500—1 000	28.26	0.00	−1.000^{NS}	0.00	−1.000^{NS}
	> 1 000	50.00	100.00	0.500^{P}	100.00	0.500^{P}

^{P}喜爱（Preferred）；^{NP}不喜爱（Not preferred）；^{AR}几乎随机选择（Almost random selection）；^{NS}不选择（Not selected）。

表 2　冬季狍昼间与夜间卧息地 11 个生境因子的比较

Tab. 2　Characteristics of 11 habitat factors of day and night beds used by roe deer during winter

生境因子 Habitat factors	昼间 Day（mean ± *SE*）	夜间 Night（mean ± *SE*）	Mann-Whitey *U* tests *Z*	*P*
覆盖度 Canopy closure（%）	17.20 ± 3.58	19.81 ± 3.34	−0.893	0.372
当年生枝条数（枝）Number of new shoots（ind.）	51.35 ± 14.28	69.27 ± 17.33	−1.224	0.221
隐蔽级 Hiding cover（%）	85.68 ± 3.20	78.59 ± 3.92	−1.285	0.199
距水源距离 Distance from water resources（m）	426.50 ± 40.28	445.95 ± 36.02	−0.672	0.502
距农田距离 Distance from croplands（m）	456.88 ± 77.79	1 127.57 ± 81.36	−5.210	0.000
保温性 Temperature index（℃）	0.35 ± 0.10	0.64 ± 0.11	−1.912	0.056
雪深 Snow depth（cm）	32.35 ± 0.46	30.81 ± 0.34	−2.511	0.012
人为干扰距离 Distance to human disturbance（m）	3 265.00 ± 170.46	4 394.60 ± 162.84	−4.211	0.000
卧息地长 Length of beds（cm）	110.46 ± 2.15	112.48 ± 1.94	−0.813	0.416
卧息地宽 Width of beds（cm）	83.33 ± 1.61	89.81 ± 1.88	−2.427	0.015
卧息地深 Depth of beds（cm）	32.03 ± 0.65	32.70 ± 0.50	−1.551	0.121

2.3　冬季狍昼间与夜间卧息地生境因子的资源选择函数分析结果

因为应用逻辑斯谛回归拟合资源选择函数变量的选择系数是以变量相互独立为前提的（Boyce & McDonald，1999；Lennon，1999；Sachot et al，2003），所以我们对狍冬季昼间和夜间卧息地的 9 个生境因子进行了相关分析（表 3），其中在变量两两比较的相关系数中，绝对值大于 0.5 的昼间有 6 个，夜间有 7 个，考虑到生境因子的独立性和代表性，我们将与其相关的生境因子去除，筛选出昼间 6 个生境因子：植被类型、距水源距离、距农田距离、保温性、雪深和人为干扰距离等进行逻辑斯谛回归；夜间 4 个生境因子：植被类型、距水源距离、保温性和人为干扰距离等进行逻辑斯谛回归。

表 3　影响冬季狍昼间与夜间卧息地选择生境因子间的相关性

Tab. 3　Correlation between the habitat factors influencing day and night beds selection by roe deer in winter

利用方式 Mode of utilization	生境因子 Habitat factors	1	2	3	4	5	6	7	8	9
昼间 Day	1. 植被类型 Vegetation type	1	−0.315	−0.424	0.335	0.211	−0.417	−0.182	−0.067	0.051
	2. 覆盖度 Canopy closure（%）		1	0.756	−0.926	−0.074	0.052	0.592	0.199	0.376
	3. 当年生枝条数（枝）Number of new shoots（ind.）			1	−0.829	0.070	0.059	0.536	0.253	0.254
	4. 隐蔽级 Hiding cover（%）				1	0.052	−0.082	−0.614	−0.210	−0.313
	5. 距水源距离 Distance from water resources（m）					1	−0.109	−0.051	−0.015	−0.190
	6. 距农田距离 Distance from croplands（m）						1	0.005	−0.085	−0.174
	7. 保温性 Temperature index（℃）							1	0.271	0.393
	8. 雪深 Snow depth（cm）								1	0.252
	9. 人为干扰距离 Distance to human disturbance（m）									1
夜间 Night	1. 植被类型 Vegetation type	1	−0.370	−0.516	0.317	0.142	−0.245	−0.355	0.088	−0.224
	2. 覆盖度 Canopy closure（%）		1	0.676	0.915	−0.032	0.150	0.713	−0.169	0.280
	3. 当年生枝条数（枝）Number of new shoots（ind.）			1	−0.745	0.033	0.032	0.568	−0.071	0.143
	4. 隐蔽级 Hiding cover（%）				1	0.068	−0.178	−0.685	0.111	−0.229
	5. 距水源距离 Distance from water resources（m）					1	−0.287	−0.165	−0.216	−0.181
	6. 距农田距离 Distance from croplands（m）						1	0.139	0.110	0.069
	7. 保温性 Temperature index（℃）							1	0.083	0.406
	8. 雪深 Snow depth（cm）								1	0.232
	9. 人为干扰距离 Distance to human disturbance（m）									1

我们把所有参数标准化后，采用Enter（全部进入模型）法进行逻辑斯谛回归分析，最终进入函数方程的有明显统计学意义的变量昼间为：植被类型、距水源距离、距农田距离、保温性、雪深和人为干扰距离；夜间为：植被类型、距水源距离、保温性和人为干扰距离（表4）；因此，冬季狍对昼间卧息地资源选择函数为：$\text{log}it(P) = -13.999 - 0.446 \times$ 植被类型 $- 0.003 \times$ 距水源距离 $- 0.003 \times$ 距农田距离 $+ 0.915 \times$ 保温性 $+ 0.487 \times$ 雪深 $+ 0.001 \times$ 人为干扰距离，根据拟合出的资源选择函数；冬季狍昼间对卧息地的选择概率为 $P = e^{\text{log}it(P)}/1 + e^{\text{log}it(P)}$，模型的正确预测率为90.9%；冬季狍对夜间卧息地资源选择函数为：$\text{lon}it(P) = -0.009 - 1.863 \times$ 植被类型 $- 0.004 \times$ 距水源距离 $+ 0.946 \times$ 保温性 $+ 0.002 \times$ 人为干扰距离，根据拟合出的资源选择函数，冬季狍夜间对卧息地的选择概率为 $P = e^{\text{log}it(P)}/1 + e^{\text{log}it(P)}$，模型的正确预测率为91.8%。

表4 冬季狍对昼间与夜间卧息地选择函数中生境因子的选择系数

Tab. 4 Selection coefficients of day and night beds selection function by roe deer in winter

利用方式 Mode of utilization	变量及常数 Variable and constant	选择系数 Selection coefficients	标准误 Standard error	Wald卡方检验值 Wald Chi-square	概率 *P*
昼间 Day	植被类型 Vegetation type	−0.446	0.429	1.079	0.299
	距水源距离 Distance from water resources (m)	−0.003	0.001	3.774	0.052
	距农田距离 Distance from cropland (m)	−0.003	0.001	7.254	0.007
	保温性 Temperature index (℃)	0.915	0.675	1.840	0.175
	雪深 Snow depth (cm)	0.487	0.176	7.657	0.006
	人为干扰距离 Distance to human disturbances (m)	0.001	0.000	12.900	0.000
	常数 Constant	−13.999	5.393	6.737	0.009
夜间 Night	植被类型 Vegetation type	−1.863	0.833	5.000	0.025
	距水源距离 Distance from water resources (m)	−0.004	0.002	2.541	0.111
	保温性 Temperature index (℃)	0.946	0.719	1.733	0.188
	人为干扰距离 Distance to human disturbances (m)	0.002	0.000	17.508	0.000
	常数 Constant	−0.009	2.275	0.000	0.997

3 讨 论

在冬季无论昼间还是夜间，狍都倾向于选择岛状林而避免选择草甸作为卧息地（表1），资源选择函数也显示出植被类型在狍卧息地选择中的重要作用（表4）。这表明虽然在平原地区缺乏树木等天然覆盖物，然而狍还是尽量选择岛状林这样具有天然覆盖物的地点卧息，这与生活在森林和农田中的狍（Chen et al，1999；Jiang et al，1996；Linnell et al，2004；Mysterud，1996；Mysterud & Østbye，1995）是相似的。植被结构可以对微环境产生影响（Huot，1974），由树木的枝条形成的保温覆盖物可以通过距离卧息地高度以及郁闭度和树木胸径来调节温度、风速、降水和辐射，因此保温覆盖物对于鹿科动物保持能量平衡具有极其重要的作用（Skovlin，1982），这在对许多鹿科动物的研究中已被证实（Armstrong et al，1983；Chen et al，1999；Huot，1974；Jiang et al，1996；Lang & Gates，1985；Linnell et al，2004；Mysterud & Østbye，1995；Smith et al，1986；Zhang & Xiao，1990）。而与森林和农田中生活的狍不同的是三江自然保护区的狍在昼间还选择芦苇丛作为卧息地，在夜间也少量选择芦苇丛（表1），显然这是由研究地区特殊的自然环境和地理条件决定的。三江自然保护区芦苇丛的高度一般在1.5 m以上，也较稠密，可以阻挡一部分风，因此具有较好的隐蔽性和保温性，可以起到与树木相似的覆盖物的保温作用，这应该是狍选择芦苇丛的主要原因。

将卧息地中的积雪等松软物质刨走是狍的一种独特行为，除狍以外，该行为仅见于生活在干旱环境中的黑尾鹿（*Odocoileus hemionus*）（Sergeant et al，1994），这种行为通常被认为是使卧息地更加舒适或者是保存能量的一种策略（Chen et al，1999；Mysterud，1996；Mysterud & Østbye，1995；Sergeant et al，1994）。在三江自然保护区有55.56%（$n = 81$）的狍将卧息地中的积雪等松软物质刨走，而在小兴安岭地区则是所有卧息地中的积雪等松软物质都被刨走（Chen et al，1999），在挪威南部这一比例为48.3%（Mysterud & Østbye，1995）。产生这一差异的原因可能与不同地区的气

候、温度、降水以及植被分布不同有关(Chen et al，1999;Jiang et al,1996;Linnell et al,2004;Mysterud & Østbye,1995)。

在三江自然保护区狍夜间卧息地的面积大于昼间，而深度则较为接近（表 2），这一结果与 Chen et al（1999）相似，然而在小兴安岭狍卧息地的平均深度约为 16 cm（Chen et al，1999），在三江自然保护区却达到了 32 cm。虽然不同地区的降雪量会存在一定的差别，但是刨走的积雪越多显然消耗能量越多，因此三江自然保护区狍选择较深的卧息地可能与当地的自然环境是有密切联系的。三江平原地区年平均风速为 3—4 m/s，冬季还要高一些（Han & Piao，1996），在缺乏保温覆盖物的情况下，更深的卧息地可以起到阻挡风的作用，有利于减少狍体内能量的消耗。

在研究地区狍选择覆盖度较高、隐蔽程度较好和保温性较强高的地点作为卧息地（表 1），在对小兴安岭和挪威狍的研究中也得到了相同的结论（Chen et al，1999；Linnell et al，2004；Mysterud & Østbye,1995),然而 Jiang et al(1996)在大兴安岭对狍的卧息地选择进行研究时却发现狍通常选择郁闭度低的开阔生境，这样更便于空气流通，以散发体内的热量（Schmitz，1991）。Chen et al（1999）认为这可能与研究时间不同有关，Jiang et al（1996）的研究时间是 10 月 20 日—12 月 20 日，此时还是初冬，如何减少能量的消耗，对狍来说，可能还不是最重要的。

在昼间狍选择距农田距离 < 500 m 的卧息地，有时还选择农田（表 1），资源选择函数也显示出距农田距离对昼间狍的卧息地选择具有重要的影响（表 4）。Liu（2000）对 1999 年 1—3 月三江自然保护区狍的食性进行研究发现，在狍的食物中农作物，主要是黄豆、豆荚，高达 47.9%，是研究地区狍冬季最主要的食物。选择距农田距离较近的地点，甚至在农田中卧息，可以减少由于长距离迁徙寻找食物而带来过多的能量消耗（Chen et al，1999；Liu et al，2005a，b）。此外，三江自然保护区狍 1999 年冬季的食物中还包括 41.2% 的枝、叶类（Liu，2000），这也是狍选择当年生枝条数多的地方卧息（表 1）的主要原因。可以看出食物因素对三江自然保护区狍的卧息地选择起到了十分重要的作用。而 Linnell et al（2004）对挪威中部农田生境中幼年狍的研究则表明，它们避免选择农田，这可能与幼年狍还处在哺乳期，对食物的需求较低有关，也可能与其躲避天敌的能力较差，需要更好的隐蔽条件有关。

致谢：野外工作中得到黑龙江三江国家级自然保护区全体员工的大力支持，东北林业大学动物资源学院的刘伟石、王力军、李景瑞、王彦成参加部分野外调查工作，谨致谢意。

参考文献：

Armstrong E，Euler D，Racey G. 1983. Winter bed-site selection by white-tailed deer in central Ontario [J]. *J Wildl Manage*, **47**: 880 – 884.

Boyce MS，McDonald LL. 1999. Relation populations to habitats using resource selection functions [J]. *Trends Ecol Evol*, **14**: 268 – 272.

Cederlond G. 1989. Activity patterns in moose and roe deer in a north boreal forest [J]. *Hol Ecol*, **12**: 39 – 45.

Chen HP，Li F，Luo LY，Wang H，Ma JZ，Li F. 1999. Winter bed-site selection by red deer *Cervus elaphus xanthopygus* and roe deer *Capreolus capreolus bedfordi* in forests of northeastern China [J]. *Acta Theriol*, **44**: 195 – 206.

Gao JH，Lu XX，Zhang YH，Liu J，Huang SH. 1995. Snowland feature of roe deer and the application in population investigation [J]. *Acta Theriol Sin*, **15**(2): 155 – 156. [高继宏，吕小雪，张雁辉，刘健，黄守华. 1995. 狍雪地痕迹特征及在数量调查中的应用. 兽类学报, **15**(2): 155 – 156.]

Gates CC，Hudson RJ. 1983. Foraging behaviour of wapiti in a boreal forest enclosure [J]. *Naturaliste Can*, **110**: 197 – 206.

Han YW，Piao XW. 1996. Natural Environment and Conservation of Heilongjiang Province [M]. Harbin: Harbin Engineering University Press. [韩曰午，朴熙万. 1996. 黑龙江省自然环境与保护. 哈尔滨：哈尔滨工程大学出版社.]

Han ZX，Wei FW，Zhang ZJ，Li M，Zhang BW，Hu JC. 2004. Habitat selection by red pandas in Fengtongzhai Natural Reserve [J]. *Acta Theriol Sin*, **24**(3): 185 – 192. [韩宗先，魏辅文，张泽钧，李明，张保卫，胡锦矗. 2004. 蜂桶寨自然保护区小熊猫对生境的选择. 兽类学报, **24**(3): 185 – 192.]

Holand O. 1992. Fat indices versus ingesta-free body fat in European roe deer [J]. *J Wildl Manage*, **56**(2): 241 – 245.

Hosmer Jr DW，Lemeshow S. 1989. Applied Logisticr Regression [M]. New York: John Wiley & Sons.

Huot J. 1974. Winter habitat of white-tailed deer at Thirty-one Mile Lake，Quebec [J]. *Can Field Nat*, **88**: 293 – 301.

Jiang ZW，Xu L，Wang YQ，Jiao PR，Liu HF. 1996. Winter resting site selection by roe deer at Huzhong Daxinganling Mountains north-eastern China [J]. *Zool Res*, **17**(2): 108，128，138.

Lang BK，Gates JE. 1985. Selection of sites for winter night beds by white-tailed deer in a hemlock-northern hardwood forest [J]. *Am Mid Nat*, **113**: 245 – 254.

Lennon JJ. 1999. Resource selection functions: Taking space seriously

[J]. *Trends Ecol Evol*, **14**: 399 – 400.

Li XH, Ma ZJ, Li DM, Ding CQ, Zhai TQ, Lu BZ. 2001. Using resource selection functions to study nest site selection of crested ibis [J]. *Biodiver Sci*, **9** (4): 352 – 358. [李欣海, 马志军, 李典谟, 丁长青, 翟天庆, 路宝忠. 2001. 应用资源选择函数研究朱鹮的巢址选择. 生物多样性, **9** (4): 352 – 358.]

Linnell JDC, Nilsen EB, Andersen R. 2004. Selection of bed-sites by roe deer *Capreolus capreolus* fawns in an agricultural landscape [J]. *Acta Theriol*, **49** (1): 103 – 111.

Liu WS. 2000. A comparative study on feeding strategy of roe deer in different types of habitats during winter [D]. Master thesis, Northeast Forestry University. [刘伟石. 2000. 不同类型栖息地中狍冬季取食对策的比较研究. 东北林业大学硕士学位论文.]

Liu ZS, Cao LR, Wang XM, Li T, Li ZG. 2005a. Winter bed-site selection by blue sheep (*Pseudois nayaur*) in Helan Mountains, Ningxia, China [J]. *Acta Theriol Sin*, **25** (1): 1 – 8. [刘振生, 曹丽荣, 王小明, 李 涛, 李志刚. 2005a. 贺兰山岩羊冬季对卧息地的选择. 兽类学报, **25** (1): 1 – 8.]

Liu ZS, Wang XM, Li ZG, Cui DY, Li XQ. 2005b. Comparison of seasonal feeding habitats by blue sheep (*Pseudois nayaur*) in Helan Mountains, China [J]. *Zool Res*, **26** (6): 580 – 589. [刘振生, 王小明, 李志刚, 崔多英, 李新庆. 2005b. 贺兰山岩羊冬春季取食生境的比较. 动物学研究, **26** (6): 580 – 589.]

Manly BFJ, McDonald LL, Thomas DL. 1993. Resource Selection by Animals: Statistical Design and Analysis for Field Studies [M]. London: Chapman & Hall.

Mautz WW. 1978. Sledding on a bushy hillside: The fat cycle in deer [J]. *Wildl Soc Bull*, **6**: 88 – 90.

Mysterud A, Østbye E. 1995. Bed-site selection by European roe deer (*Capreolus capreolus*) in southern Norway during winter [J]. *Can J Zool*, **73**: 924 – 932.

Mysterud A. 1996. Bed-site selection by adult roe deer *Capreolus capreolus* in southern Norway during summer [J]. *Wildl Biol*, **2**: 101 – 106.

Nowak RM. 1999. Walker's Mammals of the World (6th) [M]. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press.

Parker KL, Robbins CT. 1984. Thermoregulation in mule deer and elk [J]. *Can J Zool*, **62**: 1409 – 1422.

Sachot S, Perrin N, Neet C. 2003. Winter habitat selection by two sympatric forest grouse in western Switzerland: Implications for conservation [J]. *Biol Conserv*, **112**: 373 – 382.

Schmitz OJ. 1991. Thermal constrains and optimization of winter feeding and habitat choice in white-tailed deer [J]. *Hol Ecol*, **14**: 104 – 111.

Sergeant GA, Eberhardt LE, Peek JM. 1994. Thermoregulation by mule deer (*Odocoileus hemionus*) in arid rangelands of southcentral Washington [J]. *J Mammal*, **75**: 536 – 544.

Skovlin JM. 1982. Habitat requirements and evaluations [A]. In: Thomas JW, Toweill DE. Elk of North America: Ecology and Management [M]. Harrisburg: Stackpole Books, 369 – 413.

Smith HD, Oveson MC, Pritchett CL. 1986. Characteristics of mule deer beds [J]. *Great Basin Nat*, **46**: 542 – 546.

Vanderploeg HA, Scavia D. 1979a. Calculation and use of selectivity coefficients of feeding: Zooplankton grazing [J]. *Ecol Model*, **7**: 135 – 149.

Vanderploeg HA, Scavia D. 1979b. Two selectivity indices for feeding with special reference to zooplankton grazing [J]. *J Fish Res Board Can*, **36**: 362 – 365.

Wang LJ, Hong ML, Xiao XH, Ma JZ. 2004. Using marrow fat index to assess roe deer (*Capreolus capreolue*) body condition during winter [J]. *Acta Theriol Sin*, **24** (4): 353 – 356. [王力军, 洪美玲, 肖向红, 马建章. 2004. 应用骨髓脂肪指数评价狍冬季体状况. 兽类学报, **24** (4): 353 – 356.]

Wang LJ, Ma JZ, Hong ML, Xiao XH. 2003. Using snow-urine analysis to assess roe deer nutritional status in different types of habitats during winter [J]. *Acta Theriol Sin*, **23** (2): 109 – 114. [王力军, 马建章, 洪美玲, 肖向红. 2003. 应用雪尿分析技术评价不同类型栖息地中狍冬季的营养状况. 兽类学报, **23** (2): 109 – 114.]

Zhang HH, Ma JZ. 1999. Habitat preference of sables in winter [J]. *Zool Res*, **20** (5): 355 – 359. [张洪海, 马建章. 1999. 紫貂冬季生境的偏好. 动物学研究, **20** (5): 355 – 359.]

Zhang MH, Xiao QZ. 1990. A study on feeding and bedding habitat selection by red deer in winter [J]. *Acta Theriol Sin*, **10** (3): 175 – 183. [张明海, 肖前柱. 1990. 冬季马鹿采食生境和卧息生境选择的研究. 兽类学报, **10** (3): 175 – 183.]